

計算機合成ホログラムによる光波のマニピュレーション

Light wave manipulation using computer generated holograms

電子光工学科 張公儉 (ZHANG Gongjian)

Optical vortex wave possesses a screw phase structure usually appears donuts like beam pattern. This kind of light wave is phase screw dislocation in the center of propagation axes and carries quantized orbital angular momentum. It has possible applications in the emerging field of quantum computing and in optical manipulation. To get an optical vortex, there are several methods such as use of spiral phase plates and holography. We utilized holographic techniques to construct optical vortices of varying modes and analyzed the properties of diffracted optical vortex beams.

Vortex 光波ビームは位相の特異点を持つことや軌道角運動量を持つという特徴があるから光学操作や量子計算及び量子通信等の分野で潜在的に実用化の可能性を有している。光学 vortex 波の発生は普通螺旋状位相板と言われる Vortex Phase Plate (ボルテックスフェイズプレート) による方法とレーザー共振器からモードの制御およびモードの合成等の方法がある。本研究は計算機合成ホログラムにより光波 Vortex の発生についてホログラフィック回折特性の解析および確認実験を行う。

1 次ラゲールガウスビームは次のように書ける。

$$u_{s,r} = \frac{A_{s,r}}{b_{s,r}} \left(\frac{\sqrt{x_{s,r}^2 + y_{s,r}^2}}{b_{s,r}} \right)^{|l|} \exp \left[-\frac{x_{s,r}^2 + y_{s,r}^2}{2b_{s,r}^2} + ik \frac{x_{s,r}^2 + y_{s,r}^2}{2R_{s,r}} - i(|l| + 1) \tan^{-1} \left(\frac{z_{s,r} - z_{s0,r0}}{kb_{s,r}^2} \right) \right]$$

ただし、A は書き込む光波の振幅で、(x,y,z) は書き込むビームの各自の座標系を示す。b、R、はそれぞれ LG ビームのウェストと波面の曲率半径である。

ホログラムを発生する信号波と参照波はそれぞれ 0 次と高次数のラゲールガウスビームである。Fig.1 に実際に計算したベクトルビームを発生するホログラムマスクの例を示している。このホログラムの透過関数は次のようになる。

$$T = \exp(ik\delta n) \propto \exp[ik\delta n_0 \gamma_p I]$$

ただし、I は信号波と参照波の干渉強度分布である。この場合では 0 次ガウスモードでの回折波は Kirchhoff 公式を用い

$$U_m(p, \Psi) \equiv U_K^m(p, \Psi) = \frac{\Gamma\left(\frac{|m|}{2} + 1\right)}{2^{|m|/2} \Gamma(|m| + 1)} z_R (-in)^{|m|} e^{im\Psi} M\left(\frac{|m|}{2} + 1, |m| + 1, -\frac{\eta^2}{2}\right)$$

が得られる。ここでビームウェスト w_0 に関するパラメーターは $\eta = kpw_0/2^{1/2}$ で、(p, Ψ) は観測面の極座標を示す。

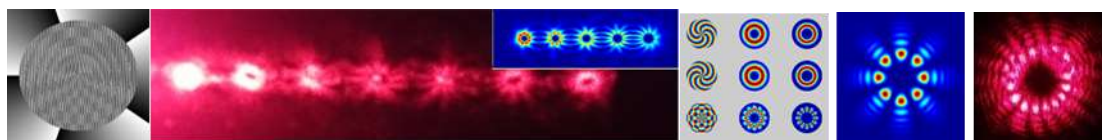


Fig.1 CGH of LG beam, Pattern of diffracted Vortex beam (insert is an analytical result) and few of vector beams from vortex beam (analytical and experimental results).

Fig.1 に示した実験結果から各次数の回折光それぞれ異なる charge 数の Vortex ビームである。実験結果は理論解析とよく一致している。また CGH の構造による次数の選択は可能であることから、実用に向け高効率、様々な vortex ビームの発生とその応用において今後、さらなる研究にて検討していきたい。